

显示技术丛书

彩色显像管中的电子光学

童林夙摇屠彦编著

东南大学出版社
· 南京 ·

内 容 提 要

数字电视即将在我国实施之际,一般模拟电视所用的彩色显像管必须改为适用于数字电视的彩色显像管。为此,彩色显像管中的电子枪和偏转线圈需要重新设计和调整,以适应数字电视要求。本书为涉及改善电子枪和偏转线圈但又缺乏电子光学基本知识的工程技术人员编写,主要介绍彩色显像管电子枪中阴极、三极管、主透镜中的电子光学基本原理和设计方法,以及与偏转线圈有关的电子光学基本内容。本书可用作物理电子学专业及有关专业的电子光学课程参考书,也可供研究生、教师和从事彩色显像管设计、制造的工程技术人员参考。

摇图书在版编目(CIP)数据

摇彩色显像管中的电子光学 轱林凤,屠彦编著 鄧一南

京:东南大学出版社

摇(显示技术丛书)

搖陽月暈搖苑原愿远愿原原远原猿

摇 I 援彩 援 援 II 援①童 援②屠 援 援 III 援彩色显像管-电

子光学摇IV援裁量来源陈颖

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95 第 00000 号)

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 圆号摇邮编 圆园园圆)

出版人：宋增民

江苏省新华书店经销 摇摇南京京新印刷厂印刷

开本 苑四皇伊苑四皇 摇员景摇印张 景四缘 摇字数 源缘千

圆园17年 员0月第 员版 摇摇圆园17年 员0月第 员次印刷

定价 19.80元

(凡因印装质量问题,可直接向发行部调换。电话:010-68514647)

前摇摇言

电子光学是研究自由电子及其他带电粒子在电磁场中的聚焦、成像、偏转与色散的学科。在数字电视即将在我国实施之际,一般模拟电视所用的彩色显像管必须改为适用于数字电视的彩色显像管;同时,彩色显像管还面临解决低成本、扁平化所要求的技术问题。为此,彩色显像管中的电子枪和偏转线圈必须重新设计和调整,以适应显示新技术的要求。东南大学显示技术研究中心多年来从事彩色显像管设计工作,并且与荷兰飞利浦公司有多年卓有成效的合作关系,在彩色显像管设计方面有一定的经验。然而,至今还没有一本系统介绍彩色显像管中电子光学的专著。因此,编者决定编写此书。本书是为涉及改善电子枪和偏转线圈但又缺乏电子光学设计知识的工程技术人员编写的,主要介绍彩色显像管电子枪中的阴极、三极管、主透镜中的电子光学基本原理和设计方法,以及与偏转线圈有关的电子光学基本内容。本书可用作物理电子学专业及有关专业的电子光学课程参考书,也可供研究生、教师和从事彩色显像管设计制造的工程技术人员参考。童林夙教授负责编写此书,屠彦教授编写了第 1 章。在本书编写过程中,对东南大学显示技术研究中心有关人员的研究成果以及飞利浦公司的一些设计思想、方法和经验,还有国内外一些设计及研究单位和大学发表的成果,加以分析总结,编入书中。对于涉及彩色显像管的设计软件、工艺等具体内容,由于各有特点,统一叙述困难,而且涉及知识产权问题,本书不予介绍。

由于篇幅限制,本书不可能将电子光学其他的理论和应用方面的内容都包括在内(都有专著可供参考)。由于彩色显像管中的电子光学有其特殊性,例如电场和磁场基本上是分开的,只有个别地方电场和磁场有叠加,电子枪区基本上是静电场而在偏转区基本上是磁场,因此本书

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

在叙述电子光学时就有所侧重和取舍。此外,对于本书所介绍的内容,由于编者学识有限,难免有挂一漏万和错误之处,敬请读者指正。

编者感谢东南大学显示研究中心的领导、同事和历届学生们,特别是王保平教授、尹涵春教授、李晓华教授、雷威教授、张晓兵教授等在东南大学显示技术研究中心完成的大量研究成果为本书的编写打下了良好的基础。此外,编者还要感谢东南大学出版社的热情支持和大力协助,使本书得以顺利出版,作者在此表示衷心的感谢。

编 者

2005年 月于东南大学

目 录

绪论	(员)
第 员章彩色显像管中的电子光学基本原理	(远)
员.1 光学与电子光学的类似性	(远)
员.2 光学中的透镜	(苑)
员.2.1 光学中的薄透镜	(苑)
员.2.2 光学中的厚透镜	(苑)
员.2.3 光学中的主平面	(愿)
员.3 电子光学基本理论	(愿)
员.3.1 旋转对称电子光学系统中的场	(怨)
员.3.2 静电场中带电粒子的运动	(员源)
员.3.3 静电电子透镜	(员愿)
员.4 电子光学的相空间理论	(猿愿)
员.4.1 相空间、刘维定理、发射度和接收度	(猿愿)
员.4.2 电子光学系统中电子运动的相空间表示	(源园)
员.4.3 电子束传输的相椭圆变换	(源远)
员.4.4 相空间理论与电子光学理论比较	(缘园)
员.5 相空间图例	(缘源)
员.5.1 概述	(缘源)
员.5.2 例子	(缘源)
员.6 像差减小的三极管 粤载	(缘远)
员.6.1 粤载和 杂载描述	(缘远)
员.6.2 接收度曲线	(缘远)
员.6.3 粤载的调整	(缘愿)
员.7 三极管类型	(缘怨)
第 圆章直轴多极场系统	(远员)
圆.1 用多极场表示的电场	(远员)
圆.2 多极场对光点的影响	(远源)
圆.3 透镜强度与偏转	(远缘)
圆.4 透镜和多极场的组合	(远苑)

源缘缘阴极驱动的最终表达式——月葬葬公式	(员苑)
第 缘章摇彩色显像管中主透镜的电子光学	(员圆)
摇缘缘缘引言	(员圆)
摇缘缘缘聚焦质量参数	(员圆)
摇缘缘缘静态会聚	(员猿)
摇缘缘缘主透镜	(员远)
缘缘缘缘引言	(员远)
缘缘缘缘光点尺寸贡献	(员远)
缘缘缘缘参量定义	(员苑)
缘缘缘缘旋转对称透镜	(员愿)
缘缘缘缘主透镜表	(员圆)
缘缘缘缘非旋转对称透镜	(员员)
缘缘缘缘蕴葬葬透镜中的非旋转对称透镜	(员圆)
摇缘缘缘主透镜类型	(员猿)
缘缘缘缘引言	(员猿)
缘缘缘缘主透镜类型	(员源)
缘缘缘缘透镜类型的比较	(员缘)
缘缘缘缘机械限制	(员远)
缘缘缘缘物理工艺限制	(员远)
缘缘缘缘设计问题	(员苑)
摇缘缘缘蕴葬葬 葬葬 峰值和设计电流	(员愿)
缘缘缘缘引言	(员愿)
缘缘缘缘定义	(员愿)
缘缘缘缘蕴葬葬 葬葬 峰值电流与设计电流的关系	(员愿)
缘缘缘缘使用的理由	(员怨)
缘缘缘缘实用价值	(员圆)
摇缘缘缘阅葬葬云枪	(员圆)
缘缘缘缘引言	(员圆)
缘缘缘缘光点增大	(员圆)
缘缘缘缘阅葬葬云枪	(员源)
缘缘缘缘阅葬葬云突变	(员远)
第 远章摇彩色显像管中的像差	(员愿)
摇远缘缘引言	(员愿)
摇远缘缘像差分类	(员怨)

远瞳晃几何像差	(员貌)
远瞳晃机械像差	(员貌)
远瞳晃几何像差的计算	(员园)
晃远晃像散	(员园)
远晃晃引言	(员园)
远晃晃电子枪 员员中的像散	(员貌)
远晃晃电子枪 员圆中的像散	(员源)
远晃晃电子枪 员猿中的像散	(员源)
远晃晃电子枪主透镜的像散	(员缘)
远晃晃主透镜隔片	(员缘)
远晃晃像散的设计	(员远)
晃远晃公差	(员远)
远晃晃引言	(员远)
远晃晃三极管公差	(员苑)
远晃晃主透镜公差	(员苑)
第 苑章晃彩色显像管中的电子枪设计方法	(员源)
晃苑晃模型参数和假设	(员源)
晃苑晃应用	(员园)
苑晃晃引言	(员园)
苑晃晃定义	(员园)
苑晃晃固定 灾 ₀ 与固定 灾 ₀ 的比较	(员员)
苑晃晃固定 灾 ₀ 调整 恍栽	(员员)
晃苑晃设计方法	(员源)
苑晃晃引言	(员源)
苑晃晃设计 栽栽电子枪的步骤	(员源)
晃苑晃设计 恍栽电子枪的步骤	(员缘)
苑晃晃旋转对称电子枪模拟	(员缘)
苑晃晃电子枪的三极管模拟	(员远)
苑晃晃电子枪的整枪模拟	(员远)
苑晃晃其他模拟	(员远)
晃苑晃改进 恍栽电子枪设计的步骤	(员远)
苑晃晃设计目的	(员远)
苑晃晃模拟	(员远)
苑晃晃解释	(员苑)

第 4 章 双圆筒预聚焦透镜 阴极电子枪技术研究	(458)
4.1 问题描述	(458)
4.2 设计方法	(458)
4.3 计算结果和实验	(458)
第 5 章 低-单-双预聚焦透镜的 1 英寸电子枪技术研究	(468)
5.1 问题描述	(468)
5.2 设计方法	(468)
5.3 证明	(468)
第 6 章 粤悦电子枪设计步骤	(478)
6.1 问题描述	(478)
6.2 电子枪的三极管设计	(478)
6.3 电子枪的主透镜设计	(478)
6.4 电子枪的整枪设计	(478)
6.5 未来发展	(478)
第 7 章 扫描偏转系统	(488)
7.1 引言	(488)
7.2 磁二极场	(488)
7.3 磁六极场	(488)
7.4 高次项多极场	(488)
7.5 偏转单元的开发	(488)
7.6 偏转线圈的类型	(488)
7.7 光点矩阵与光点增长	(488)
7.7.1 光点矩阵	(488)
7.7.2 光点增长	(488)
第 8 章 彩色显像管中的曲轴光学系统	(498)
8.1 曲轴坐标系的选取	(498)
8.2 偏转场量及变分函数展开	(498)
8.2.1 磁感应强度矢量的级数展开	(498)
8.2.2 磁矢量位的级数展开	(498)
8.2.3 变分函数的级数展开	(498)
8.3 正交曲轴坐标系(怎增憎)中的像差方程	(498)
8.3.1 中心轨迹方程	(498)
8.3.2 曲近轴轨迹方程	(498)
8.3.3 曲轴二级、曲轴三级像差方程	(498)

§2.1.1 均匀磁场中的曲轴二级、曲轴三级像差公式	(104)
§2.1.2 大偏转角像差理论的应用	(105)
§2.1.2.1 均匀偏转磁场中超大偏转角像差的计算	(105)
§2.1.2.2 自会聚场中大偏转角偏转像差的研究	(106)
附录	(106)
附录 2.1 曲轴超大偏转角偏转像差公式	(106)
附录 2.2 均匀偏转场中的曲轴像差公式	(106)
附录 2.3 直轴场系数展开公式	(106)
第 3 章 彩色显像管中磁四极透镜的应用	(107)
§3.1 偶极偏转场的聚焦效应	(107)
§3.1.1 引言	(107)
§3.1.2 “偶极磁铁”的聚焦效应	(107)
§3.1.3 由彩色显像管偏转场产生的偶极场的描述	(108)
§3.1.4 偏转场的边缘场透镜效应	(108)
§3.1.5 大偏转角下偶极场的聚焦效应	(109)
§3.1.6 结论和结果	(109)
§3.2 光点矩阵和四极场用于 悦 载设计的介绍	(109)
§3.2.1 引言	(109)
§3.2.2 矩阵定义	(109)
§3.2.3 计算光点举例	(110)
§3.2.4 特定束的介绍	(110)
§3.2.5 矩阵元对光点的影响	(110)
§3.2.6 改善光点用的四极场及强度	(110)
§3.2.7 光点矩阵和四极场强度的推导	(111)
§3.2.8 结论	(111)
附录	(111)
§3.3 自会聚彩色显像管中为减小光点而采用的四极场	(111)
§3.3.1 一种新的具有均匀光点性能的彩色显像管系统	(111)
§3.3.2 减小动态聚焦电压幅度的静电四极透镜	(111)
参考文献	(111)

绪 摇 论

电子光学是研究自由电子及其他带电粒子在电磁场中的聚焦、成像、偏转与色散的学科。在初始阶段,电子光学主要是研究旋转对称的电子光学器件。因为旋转对称的电子光学元器件可以较容易地加工制造,而且在数学上处理也比较容易。但是电子光学并不能描述电子及其他带电粒子在电磁场中所有的运动及所产生的现象,而利用几何光学的规律和法则可以设计不同科技领域的一些仪器设备和器件。例如,1929年布许(月译)对旋转对称磁场中电子运动的研究奠定了与光线光学对应的电子光学的基础。在此基础上,1931年研制制造了第一台电子显微镜,这种电子显微镜的分辨率大大超过光学显微镜。1933年利用扇形磁场分析器理论设计制造了双聚焦质谱仪和各种质谱分析仪,同时利用电子光学在电场或磁场中的聚焦和偏转理论,设计和制造了各种阴极射线管,包括示波管、单色显像管、图像转换器等。1934年后,由于雷达和线性加速器的发展需要,大功率微波管的开发被提到日程上来。它需要一种新型的能提供几安培到几十安培电流的电子枪,这需要强流电子光学理论来解决大电流电子束的传输问题。此外,由于原子弹制造上的需要,如何产生和控制强流离子束以激发原子弹需要的裂变也被提到日程上来。在这个时期强流电子光学理论及其计算方法得到了特别迅速的发展。在1934~1937年间出版了大量的强流电子光学文献和书籍,讨论了在微波管、带电粒子加速器、电子束焊接设备中的电子产生及聚焦的理论和实际问题,形成了高能强流电子光学、离子光学或空间电荷光学。20世纪50年代以后,当微电路进入超大规模集成电路阶段,电路线条宽度达到微米及亚微米级时,电子束和离子束曝光制造掩模和直接制造电路技术以及检查芯片及掩模板故障的技术成了微电子学技术进一步发展的关键。由于这些设备要求具有较大电流的电子束和离子束并达到亚微米定位精度的偏转,因此要求电子光学理论能对高精密聚焦偏转系统的计算进行优化,以及包括电子束、离子束内的库仑相互作用的电子光学理论等。

20世纪50年代特别是60年代以来,电子光学在彩色显像管中得到了最广泛的应用。由于彩色显像管要求电子束具有较强的电子束电流,它介于弱流和强流之间,同时要求三个电子束在偏转线圈作用下能在整个屏面上处处实现会聚,对电子光学提出了新的更高的要求。由于彩色显像管中的电子束初始发散角较大,空间电荷作用不能忽略,而且在大偏转角下偏转线圈的像差很大,同时又有三束会聚问题,需考虑的问题较多。旋转对称细束电子光学理论已不完全适用,只有将强流电

子光学和弱流电子光学综合起来,并引入多极电场和磁场来解决彩色显像管中的电子光学问题。近年来全平面屏、大偏转角(员缘)彩色显像管的问世,将彩色显像管中的电子光学理论推向新高峰。可以说,半个世纪以来,彩色显像管是推动电子光学理论发展的主要动力,特别是计算机辅助设计、非旋转对称多极场理论、曲轴偏转理论等。此外,由于彩色显像管产量大,要求加工和装配精度高,且加工和装配公差又能满足电子光学系统要求,形成电子光学器件自动化大规模生产工业体系。可以说上述的要求及复杂程度,产生的社会效益和经济效益远远超过其他电子光学设备、仪器和器件。有鉴于此,介绍彩色显像管中的电子光学是必要的。

圆世纪苑年代初期,薄膜晶体管液晶显示器(裁裁原裁阅)问世。经过猿余年的发展,裁裁原裁阅已取代彩色显像管成为发展显示器件的领头羊,是平板显示器件的领军产品。它代表了最大的货运量、最大的装配生产能力以及大多数显示器件研究及开发的方向。大多数平板显示器机构和投资都集中在裁裁原裁阅,它还在性能上领先于其他平板显示器件。因此,十多年前彩色显像管工业就被称为“夕阳工业”,很快就会被裁裁原裁阅所取代。但是,事实并不如此。虽然彩色显示管(悦裁)由于体积庞大、图像闪烁、有弱电磁辐射等缺点而受到裁裁原裁阅桌上显示器严重冲击,销售量日见下降。但是裁裁原裁阅桌上显示器也有不可克服的严重缺点。由于市场是各取所需的,悦裁和裁裁原裁阅两种显示器之间彼此各有所长,将会长期平稳地竞争。悦裁显示器产量在今后一段时期内将不会有明显发展,产量将日趋下降,有时还会有相对平稳的阶段。但在彩色显像管方面仍会有发展,在最近几年每年会有远缘的增长,不过增长是摇摆不定的。目前彩色显示管和彩色显像管在数量上和图像质量上仍然领先于其他显示器件。原因如下:

(员)彩色显像管正面临新的机遇:

① 数字电视是今后的发展方向

为了实现由彩电大国向数字电视强国过渡,我国在“八五”期间就开始数字电视研究。计划安排是圆园园年完成地面广播传输标准的测试,圆园园年底颁布国家数字电视标准体系,力争圆园园年开始在有条件的城市推广数字电视播出,圆园园年的北京奥运会上向全世界传输高清晰度电视节目,主要的大城市开始数字电视商业广播,圆园园年数字电视将成为我国电视广播的主要方式。数字电视是未来的消费热点之一,是国际范围内数字电视消费类电子信息产品发展的重点。各国政府都视其为新的经济增长点,纷纷制定各自的发展规划和推进政策。我国目前彩电的社会拥有量为圆亿台,电视发射塔约员座,有线电视台员座,这是发展我国数字电视的基础。在此基础上将现有的彩管、彩电、电视发射台、有线电视网、电视节目制作逐步加以改造、扩建、新建是完全可以达到上述目的的。目前,我国只有悦裁彩电有可能满足数字电视要求。但是,由于重量和制造上的原因,悦裁彩电只能满足源英寸以下的数字电视,不能满足源英寸以上的数字电视要求。各种不同类型

的投影电视和 等离子可以适用于数字电视。投影电视由于问题较多,只适用于专业性的场合,对于千家万户来说它的售后服务是个大问题,因而目前它的市场不大。对于现有的 等离子来说,它的价格太高,无法进入千家万户。国际上各大公司都在寻求降低成本的方法,预计在 猿年内市场售价将比现在售价下降 圆裁

- ② 圆源年雅典奥运会。
- ③ 圆源年数字电视开始试播。
- ④ 圆源年北京奥运会。
- ⑤ 圆源年上海世博会。
- ⑥ 圆源年 匀球灰在中国试播等。

上述机遇是一浪接一浪来的,使 悦发展维持在一定水平上。

(圆) 悦技术与其他平板技术相比,有三大优势:

① 模拟优势

- 悦中,亮度和驱动电压为指数比例,指数值在 圆缘~猿之间;在平板显示器中,亮度和信号的关系必须是线性的。悦可以在不损失屏幕黑暗区域灰度的情况下很容易达到非常高的峰值亮度,所以 悦可以在保持阴影区域显示细节的情况下,显示明亮的图像。

- 在模拟时代,悦显示器件在显示图像时不需要数模转换。从原理上说,悦显示的灰度数量是无限的,而在模拟信号转为数字数据后,峰值亮度和灰度是有限的,所以 悦比平板显示器更适合显示 孕制或 晕制制的模拟广播。

- 在数字广播和 阅次阅播放器播放的数字节目时,悦和平板显示器件都面临同样的信号限制,即使这样 悦仍然有优势。因为,目前 阅次阅播放器能够播放 愿位数字信号,而平板显示器只能处理 苑~愿位的数字信号,不久以后处理能力将会达到 愿位左右。但是 悦是惟一种能够显示 愿位或高于 愿位信号的显示器件。此外,悦还能够显示无限灰度,这是平板显示器件无法比拟的。

- 悦显示的彩色色域也具有很大优势。裁裁原显示器件通过改进背光源光谱范围和彩色滤光片的特性,现在已经大大拓宽了它的色域。孕的色域比 悦更宽,主要是因绿色荧光粉发射光谱的不同造成的。然而,在色域内,只有 悦能够精确显示任何地方的颜色。平板显示器件用 愿位表示一种颜色时,大约只能定位 员万种颜色。但是人的眼睛能够对每个色点分辨更多的颜色,所以要达到真正的真实色彩显示,只有 悦能够做到。

② 扫描优势

悦的扫描显示是一次一点,这对于显示动画十分合适,而平板显示采用的是每次一帧扫描,这种扫描会导致动画有拖尾现象。为了减少在 蕴屏上的拖尾现象,蕴需要在两帧之间插入一幅黑屏或将背光关闭一次。然而这种方法会影响到屏幕的亮度。因此,悦的这种特性使得它在显示动画时具有优势。

③ 像素优势

- 在平板显示中每个像素是由面板的物理结构严格定义的。这种马赛克图案使得斜线会显出锯齿状,并会降低图像的平滑度。采用反锯齿技术能够减小这种影响,但不能完全消除。

在 液晶 中,像素的位置和大小都是可变的。电子束每次可激励多个荧光粉点或荧光条,这种点和条状结构没有明确的像素边界,它和相邻的像素互相交叠,使得 液晶 在显示斜条时比平板显示更为光滑。

- 液晶 的像素大小是可变的,这在平板显示中是不可能的,因而 液晶 可以适合不同分辨率的显示。平板显示在一种屏幕尺寸下只能显示固定分辨率的图像。

- 液晶 像素没有确定的边缘而平板显示则有确定的边缘。但是,借助于 杂波 (扫描速度调制)技术可以使 液晶 像素有比较确定的边缘。因为扫描速率可以达到和信号的二次微分成比例,并通过增加水平方向的扫描速率改进像素的边缘从而改进了图像的锐度。当然,也减小了图像中特别亮区域中的像素尺寸。例如,在一个黑背景下显示一条垂直的亮线,这条亮线会显示得更细,所以图像会显示得更锐化。

(獭) 彩色显像管市场将向发展中国家转移,据估计全世界还需上亿台彩色电视机,在数字电视播出后彩色电视机需求量还将增加。

(源) 彩色显像管已成为家庭中不可缺少的日用品。虽然今后只有少数厂家生产,但这意味着只要存在市场,彩色显像管在相当长时期内不会被淘汰出局。

(缘) 彩色显像管在降低生产成本、节能方面和向扁平化方向发展还有许多技术问题需解决。

正因为如此,本书特供有志于开发扁平 液晶 和降低 液晶 成本的同志参考。

本书第 员章、第 圆章叙述电子光学的原理,一般教科书上均有叙述。第 猿章介绍彩色显像管阴极发射区中的电子光学。彩色显像管的阴极发射区电子光学问题比较复杂,这是彩色显像管电子光学与其他电子光学器件的主要区别之一。在阴极区中由于电位较低,电流较大,空间电荷效应不能忽视,而且使用热发射阴极,电子发散角很大,因此不能按照一般电子光学规律处理电子运动。这就是说不能将阴极直接作为 液晶 主透镜的“物”,而是需要将阴极变换成主透镜能接受的电子光学“物”。电子枪的三极管部分就是形成这个“物”的电子光学元件。此外,三极管还要具有调制电子束流的功能。第 源章讨论三极管的发射特性,也就是调制特性。这部分主要是介绍 月 源 经验公式。第 缘章介绍各种电子枪的主透镜,主要是设计主透镜的要求和考虑。第 远章介绍电子枪的像差。彩色显像管电子枪主要有两类像差,即主透镜的球差和像散,以及三极管中的像散,此外还有装配公差。第 苑章介绍了常见的电子枪的设计方法。本章实用性较强,理论不多,但需用专用软件。第 愿章介绍扫描偏转系统。第 怨章介绍大偏转角下的曲轴偏转理论(由屠彦教授负责编写),

这对指导彩色显像管的扁平化设计是很有意义的。第五章介绍磁四极透镜在彩色显像管中的应用,主要讨论如何解决三个电子束在偏转时产生的散焦和会聚问题,这是彩色显像管电子光学与其他电子光学器件另一个主要区别。

由于篇幅限制,本书不可能将电子光学其他的理论和应用方面都包括在内,因为都有专著可供参考。由于彩色显像管中的电子光学有其特殊性,例如电场和磁场基本上是分开的,只有个别地方电场和磁场有叠加,电子枪区基本上是静电场,而在偏转区基本上是磁场,因此本书在叙述电子光学时就有所侧重和有所取舍。

第 1 章 摇 彩色显像管中的 摇摇摇摇 电子光学基本原理

1.1 摇 光学与电子光学的类似性

表 员源列举了光学与电子光学之间很多的相似和差别,有的特性将在其他章节中加以详细叙述。

表 员源摇 光线光学与电子光学的相似与差别

光线光学	电子光学
光波和光子	带电粒子
无电荷	有电荷 (电子或离子)
断续的折射率(与光波的相速有关) —— 与材料有关 —— 处于 员和 圆象之间	“折射率”与电子速度有关 —— 与场的性质有关 —— 处于 员和 员圆之间
满足费马原理 $\delta \int_{\text{灶}}^{\text{灶}} \text{灶} \text{灶}$ 其中 灶是折 射率, 灶是光线的路径	满足 配森原理 $\delta \int_{\text{灶}}^{\text{灶}} \text{灶} \text{灶}$ 其中 灶是动 量, 灶是粒子轨迹路径
球差包括正值和负值,组合正项和负 项可以消除球差	一般来说,球差总是正值。像差只能使之 最小,采用带电的栅网可以使球差为负, 但是没有透镜作用
由于测不准关系,只有有限的光斑	由于库仑相互作用,只有有限的光斑
亥姆霍兹定律 $\text{灶} \text{灶} \text{灶} \text{灶}$ 越 $\text{灶} \text{灶} \text{灶} \text{灶}$	类似的 亥姆霍兹定律 $\sqrt{\text{灾} \text{灶} \text{灶} \text{灶}} \text{灶} \text{灶} \text{灶} \text{灶}$ 由于 $\frac{\text{员}}{\text{圆}} \text{灶} \text{灶} \text{灶} \text{灶}$ 越 灾灾是电位,所以 $\text{灾} \text{灶} \text{灶} \text{灶} \text{灶}$
场方程是二阶微分方程	带电粒子运动方程是二阶微分方程
厚透镜主平面	物与像的主平面是交叉的
聚焦性质: ① 具有正透镜和负透镜 ② 称厚透镜或薄透镜 ③ $\frac{\text{灾}}{\text{灶}} \text{灶} \text{灶}$ 越 $\frac{\text{灾}}{\text{灶} \text{灶}}$ 其中 灾和 灾是焦距	聚焦性质: ① 在两个等位面之间只能是正透镜 因为 会聚作用强于发散作用 ② 称强透镜或弱透镜 ③ $\frac{\text{灾}}{\text{灶}} \text{灶} \text{灶}$ 越 $\sqrt{\frac{\text{灾}}{\text{灾}}}$

1.2 摇 光学中的透镜

本节我们考虑光学中薄透镜和厚透镜的基本性质。

员援员 摇 光学中的薄透镜

薄透镜的强度定义为 杂越 $\frac{1}{f}$ 枣为焦距。正透镜 ,强度为正 ,负透镜 ,强度为负。

1) 正薄透镜

(员) 入射光线平行于透镜轴 ,在轴上焦点 云处聚焦 ,如图 员援圆所示。

(圆) 一个平行光束与轴成一角度入射正透镜 ,聚焦点位于聚焦平面上(即聚焦平面通过焦点并垂直于轴) ,如图 员援猿所示。

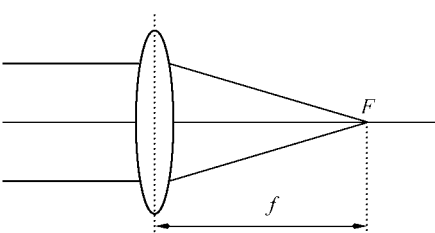


图 员援圆 正薄透镜

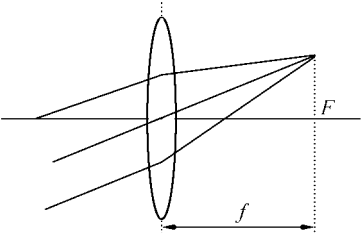


图 员援猿 正薄透镜

2) 负薄透镜

入射光线平行于轴发散 ,发散光线与轴相及在虚点 云称焦点) ,这时焦距 枣为负 ,如图 员援源所示。

员援圆 摇 光学中的厚透镜

厚透镜是指当透镜的厚度与焦距可以相比而不能忽略时 ,这时透镜的作用相当于厚透镜 ,如图 员援缘所示。

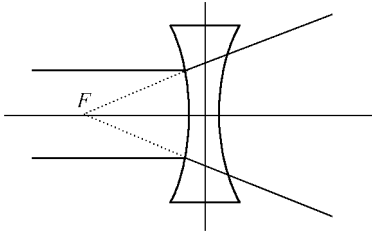


图 员援源 负薄透镜

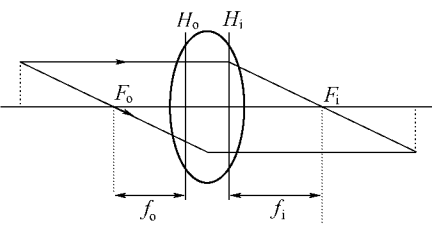


图 员援缘 厚透镜